

**О.Я. Кравец, И.Э. Веденяпин**

# **ЭВМ И ИНТЕРФЕЙСЫ**

**Учебник**

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области прикладной  
информатики в качестве учебника для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по  
специальности и направлению  
«Прикладная информатика»  
и другим экономическим специальностям*

**Воронеж**

**Издательство «Научная книга»**

**2012**

**УДК 378.147.31**  
**ББК 74.580я731-6+74.261.2я731-6**  
**К 77**

**Рецензенты:**

**Кафедра автоматизированных и вычислительных систем**

Воронежского государственного технического университета (зав. кафедрой - Заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук, профессор С.Л.Подвальный);

**О.Ю.Заславская**, доктор педагогических наук, профессор (Институт математики и информатики Московского городского педагогического университета)

**К 77 Кравец, О.Я.** ЭВМ и интерфейсы: Учебник/ О.Я. Кравец, И.Э. Веденяпин. – Воронеж: Издательство «Научная книга», 2012. – 622 с.

**ISBN 978-5-98222-789-8**

Издание ориентировано на специфику подготовки специалистов в области прикладной информатики, вычислительных машин. Материалы дают общую связную картину развития компьютерной техники и организации вычислительных систем - от возникновения до наших дней; стимулируют учебную работу студентов, их мышление и речь, развивают исследовательские способности.

Книга адресована преподавателям системы высшего профессионального образования, ориентированным на подготовку специалистов по направлениям «Прикладная информатика», «Бизнес-информатика», «Информатика и вычислительная техника», специальностям «Прикладная информатика», «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», и студентам, обучающимся по указанным направлениям и специальностям. Полезна эта книга будет преподавателям и студентам в системе среднего профессионального образования

**УДК 378.147.31**  
**ББК 74.580я731-6+74.261.2я731-6**  
**К 77**

**ISBN 978-5-98222-789-8**

© **О.Я.Кравец, И.Э.Веденяпин, 2012**

## Содержание

Введение .....	13
Раздел I. Внутренняя организация ЭВМ .....	15
1. Центральный процессор и этапы его развития .....	15
1.1. Место центрального процессора в ЭВМ и вычислительных системах .....	15
1.2. Назначение, основные характеристики и параметры центральных процессоров .....	15
1.2.1. Назначение и классификация ЦУУ .....	16
1.2.2. История развития центральных процессоров .....	18
1.2.3. Характеристики и параметры центрального процессора ...	21
1.3. Состав центрального процессора .....	24
1.3.1 Организация центрального процессора .....	24
1.3.2. Структурная схема процессора .....	26
1.3.3. Регистровые структуры центрального процессора .....	28
1.3.4. Основные функциональные регистры .....	28
1.4. Обзор рынка центральных процессоров .....	30
2. Структура и функции центрального процессора .....	32
2.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	32
2.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	32
2.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения .....	34
2.3.1. Классификация архитектур системы команд .....	35
2.3.1.1. Классификация по составу и сложности команд .....	35
2.3.1.2. Классификация по месту хранения операндов .....	37
2.3.2. Метод хранения команд и данных .....	43
2.3.3. Функциональная организация фон-неймановской ВМ .....	43
2.4. Принцип работы .....	45
2.4.1. Исполнение программного кода .....	45
2.4.2. Простейший RISC-процессор .....	47
2.5. Современные технологии проектирования и производства .....	49
2.6. Структура рынка .....	51
3. Структура и функции устройства управления центрального процессора .....	61
3.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	61
3.2. Назначение, основные характеристики и параметры ЦУУ .....	61
3.3. Состав устройства управления процессором .....	63
3.4. Принципы работы .....	65

3.4.1. Управляющее устройство с жесткой логикой.....	65
3.4.2. ЦУУ с микропрограммной логикой .....	66
3.4.3. Процедура выполнения команд .....	71
3.5. Современные технологии проектирования и производства .....	71
3.6. Этапы развития устройства управления.....	74
3.7. Выводы.....	80
4. Структура и функции арифметико-логического устройства .....	81
4.1. Место АЛУ в ЭВМ и вычислительных системах. ....	81
Классификация	
4.2. Структура и функции АЛУ .....	85
4.3. Основные характеристики и параметры АЛУ .....	90
4.3.1. Параметры АЛУ .....	91
4.3.2. Операции АЛУ .....	91
4.3.3. Одноразрядное АЛУ .....	92
4.3.4. Нарращивание разрядности .....	93
4.3.5. Оценка структур АЛУ .....	93
4.4. Простые алгоритмы сложения (вычитания) и умножения.....	96
4.5. Принцип работы АЛУ .....	99
4.5.1. АЛУ - устройство для сложения чисел с фиксированной запятой, представленных в прямом коде .....	99
4.5.2. АЛУ для сложения и вычитания чисел с плавающей запятой .....	103
4.6. Анализ работы конкретного АЛУ .....	108
4.6.1. Арифметика и типы данных.....	109
4.6.2. АЛУ .....	110
4.6.3. Деление .....	113
4.6.4. МАС (умножитель/аккумулятор) .....	115
4.6.5. Сравнительный анализ выполнения арифметических команд в различных типах процессоров .....	119
Контрольные вопросы к разделу I.....	121
Литература к разделу I .....	123
 Раздел II. Микропроцессоры .....	 124
5. От абака к микрочипу .....	124
5.1. Аналог или цифра? .....	124
5.2. Аналоговая вычислительная машина.....	124
5.3. Цифровая вычислительная машина.....	129
6. Микропроцессор – основа ЭВМ и систем .....	137

6.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	137
6.2. Область применения микропроцессоров.....	137
6.3. Состав объекта.....	137
6.3.1. Виды архитектур микропроцессоров.....	140
6.3.2. Структура типового микропроцессора.....	140
6.4. Назначение, основные характеристики и параметры.....	148
6.4.1. Основные характеристики микропроцессора.....	148
6.4.2. Классификация микропроцессоров .....	149
6.5. Принцип (алгоритм) работы .....	155
6.5.1. Принципы работы микропроцессора.....	155
6.5.2. Блок обработки сигналов микропроцессора .....	156
6.5.3. Блок микропрограммного управления .....	158
7. RISC-архитектуры .....	159
7.1. Назначение, основные характеристики и параметры.....	159
7.1.1. Основная идея.....	159
7.1.2. Назначение, основные характеристики и параметры объекта.....	160
7.1.2.1. Основные принципы.....	160
7.1.2.2. Возникновение RISC-процессоров .....	161
7.1.2.3. Начало развития RISC-архитектуры.....	161
7.2. Состав объекта.....	163
7.2.1. Alpha 21064 .....	164
7.2.2. Суперскалярные архитектуры.....	166
7.2.3. Архитектуры VLIW .....	166
7.2.4. Иные архитектурные решения, типичные для RISC .....	167
7.3. Принцип работы .....	169
7.3.1. Форматы инструкций для RISC-архитектур .....	170
7.3.2. Сводка старых архитектур .....	170
7.3.3. Современные RISC-архитектуры.....	170
7.4. Современные технологии проектирования и производства....	175
7.4.1. Многоядерность RISC-процессоров .....	176
7.4.2. PowerPC .....	180
7.4.3. Многопроцессорные системы. Кластеры .....	181
7.5. Обзор рынка .....	183
7.5.1. PowerPC 970 .....	183
7.5.1.1. PowerPC 970: архитектура.....	183
7.5.1.2. PowerPC 970: ядро.....	185

7.5.2. Intel Itanium серии 9000 .....	186
8. Кэш-память микропроцессора .....	188
8.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	188
8.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	189
8.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения .....	191
8.3.1. Уровни кэш-памяти .....	191
8.3.2. Архитектура кэш-памяти .....	193
8.3.3. Смешанная и отдельная кэш-память .....	194
8.3.4. Статическая и динамическая память .....	196
8.3.5. TLB как разновидность кэш-памяти .....	196
8.3.6. Ассоциативность кэш-памяти .....	197
8.3.7. Политики доступа и записи .....	201
8.3.8. Многопортовость .....	203
8.4. Алгоритмы работы .....	205
8.4.1. Простая схема кэширования .....	205
8.4.2. Стратегия размещения в кэш .....	207
8.4.3. Размер строки и тега кэш-памяти .....	210
8.4.4. Типы подключения кэш-памяти .....	212
8.5. Современные технологии проектирования и производства ...	214
9. Программируемые логические интегральные схемы .....	216
9.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	216
9.2. Назначение, основные характеристики и параметры ПЛИС ..	219
9.3. Состав ПЛИС (структура, компоненты, схемотехнические решения) .....	221
9.4. Принцип (алгоритм) работы .....	237
9.5. Современные технологии проектирования и производства ...	241
9.6. Обзор рынка .....	243
10. Многопроцессорные системы .....	247
10.1. Классификация систем параллельной обработки данных .....	247
10.1.1. Классификация Флинна .....	247
10.1.2. Классификация Ванга-Бриггса .....	253
10.1.3. Классификация Хокни .....	255
10.1.4. Классификация Шнайдера .....	256
10.2. Модели связи и архитектуры памяти .....	260
10.3. Многопроцессорные системы с общей памятью .....	262
10.3.1. Мультипроцессорная когерентность кэш-памяти .....	263
10.3.2. Альтернативные протоколы .....	266

10.4. Основы реализации.....	268
Контрольные вопросы к разделу II .....	274
Литература к разделу II.....	276
Раздел III. Память .....	278
11. Оперативная память .....	278
11.1. ОЗУ в ЭВМ и вычислительных системах .....	278
11.2. Назначение, основные характеристики и параметры ОЗУ....	278
11.2.1. Параметры ОЗУ .....	278
11.2.2. Типы памяти.....	284
11.2.3. Латентность и тайминги .....	290
11.3. Управление записью и считыванием информации .....	294
11.3.1. Типы адресов.....	294
11.3.2. Распределение памяти фиксированными разделами .....	296
11.3.3. Распределение памяти разделами переменной величины.....	297
11.3.4. Перемещаемые разделы.....	299
11.3.5. Страничное распределение .....	300
11.3.6. Сегментное распределение.....	303
11.3.7. Странично-сегментное распределение .....	305
11.3.8. Команды доступа к памяти .....	305
11.4. Принцип проектирования ОЗУ на примере .....	308
11.5. Принципы работы оперативной памяти .....	310
11.6. Современные требования к технологии проектирования и производства.....	319
11.6.1. Быстродействие и производительность памяти .....	319
11.6.2. Достоверность хранения данных .....	320
11.6.3. Конструктивные исполнения памяти .....	322
12. Постоянные запоминающие устройства .....	326
12.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	326
12.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	328
12.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения).....	329
12.4. Алгоритм работы .....	335
12.5. Современные технологии проектирования и производства..	337
12.5.1. SLD 9630 ТТ.....	337
12.5.2. Atmel.....	338
12.6. Обзор рынка .....	341
13. Внешние запоминающие устройства .....	343

13.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	343
13.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	345
13.2.1. Основные принципы работы электронной памяти .....	345
13.2.2. Запоминающие устройства последовательного доступа .....	346
13.2.3. Запоминающие устройства прямого доступа .....	353
13.2.4. Флеш-память .....	359
14. CD и DVD: принципы работы .....	362
14.1. Область применения CD/DVD дисков .....	362
14.2. Назначение, основные характеристики и параметры CD/DVD дисков .....	363
14.2.1. CD (Compact Disc) .....	363
14.2.2. DVD (Digital Versatile Disc/ Digital Video Disc) .....	364
14.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения CD/DVD дисков .....	364
14.4. Особенности записи .....	372
14.4.1. Способ трех лучей .....	372
14.4.2. Дифракционный способ .....	374
14.4.3. Фазовый способ .....	375
14.5. Основные перспективы развития CD/DVD .....	376
14.5.1. High-Density DVD .....	378
14.5.2. Blu-ray Disc .....	378
14.5.3. Перспективные форматы оптических дисков .....	379
15. Flash-накопители: архитектура, функционирование .....	381
15.1. Flash-накопители в ЭВМ и вычислительных системах .....	381
15.2. Основные характеристики и параметры Flash-накопителей .....	381
15.3. Структура и классификация Flash-накопителей .....	383
15.3.1. Микросхемы Flash-памяти .....	384
15.3.2. Устройства чтения Flash-карт .....	387
15.3.2.1. Внешние считыватели .....	387
15.3.2.2. Внутренние считыватели .....	388
15.3.2.3. Считыватели – переходники .....	388
15.3.3. Разновидности flash-накопителей .....	388
15.4. Функционирование Flash-накопителей .....	393
15.4.1. Принцип действия .....	393
15.4.2. Виды ячеек флэш-памяти .....	397
15.4.3. Архитектуры флэш-памяти .....	399
15.4.4. Доступ к флэш-памяти .....	402



15.5. Технологии проектирования Flash-накопителей .....	402
15.6. Структура рынка.....	409
Контрольные вопросы к разделу III .....	412
Литература к разделу III .....	413
Раздел IV. Внутренние интерфейсы компьютера.....	416
16. PCI .....	416
16.1. Интерфейс PCI .....	418
16.1.1. Особенности строения интерфейса PCI.....	418
16.1.2. Сигналы шины PCI .....	419
16.1.3. Циклы шины.....	421
16.1.4. Функционирование .....	423
16.2. Интерфейс PCI-E .....	428
16.2.1. Особенности строения интерфейса PCI-E.....	428
16.2.2. Архитектура .....	429
16.2.3. Функционирование .....	434
16.2.4. Развитие PCI Express .....	436
16.3. Другие разновидности интерфейса PCI.....	437
16.3.1. Интерфейс PCI-X .....	437
16.3.2. Интерфейс Compact PCI .....	438
16.4. Перспективы развития PCI.....	439
16.4.1. Новый стандарт EPIC Express .....	439
16.4.2. Второе поколение систем ввода-вывода: PC/104-Plus....	440
17. IDE (ATA) .....	446
17.1. Место объекта в ЭВМ.....	446
17.2. Назначение, основные характеристики и параметры объекта .....	446
17.2.1. Стандарты ATA.....	446
17.2.1.1. Стандарт ATA-1 .....	448
17.2.1.2. Стандарт ATA-2 .....	448
17.2.1.3. Стандарт ATA-3 .....	449
17.2.1.4. Стандарт ATA/ATAPI-4.....	450
17.2.1.5. Стандарт ATA/ATAPI-5.....	452
17.2.1.6. Стандарт ATA/ATAPI-6.....	453
17.2.1.7. Стандарт ATA/ATAPI-7.....	454
17.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения .....	455
17.3.1. Разъем ввода-вывода параллельного ATA .....	459

17.3.2. Кабель ввода-вывода параллельного АТА.....	459
17.3.3. Длинные и круглые кабели .....	461
17.3.4. Управляющие сигналы параллельного интерфейса АТА.....	462
17.3.5. Подключение двух жестких дисков PATA .....	462
17.4. Алгоритмы работы .....	465
17.4.1. Методы адресации CHS и LBA.....	465
17.4.2. Преобразования CHS/LBA и LBA/CHS.....	467
17.4.3. Команды BIOS и АТА .....	468
17.5. DMA .....	469
17.5.1. Ultra DMA 33.....	469
17.5.2. Ultra DMA/66 .....	471
17.5.3. Ultra АТА/100.....	474
17.5.4. Serial АТА .....	475
18. AGP .....	477
18.1. Историческая справка .....	477
18.2. Возможности AGP.....	478
18.3. DMA и DME режимы доступа к памяти .....	480
18.4. Три ревизии шины.....	481
18.5. Выводы.....	484
19. Специальные внутренние интерфейсы .....	485
19.1. Специальный внутренний интерфейс ISA .....	485
19.1.1. Виды устройств, работающих на шине ISA.....	485
19.1.2. Электрические характеристики сигналов .....	486
19.1.3. Описание сигналов на шине ISA .....	488
19.2. Специальный внутренний интерфейс VESA .....	491
19.3. Специальный внутренний интерфейс SCSI .....	494
19.3.1. Архитектура интерфейса.....	494
19.3.2. Варианты подключения устройств к шине SCSI .....	498
19.3.2.1. Подключение периферии .....	499
19.3.2.2. Типы применяемых в SCSI разъёмов.....	500
19.3.2.3. Управление интерфейсом.....	502
Контрольные вопросы к разделу IV.....	504
Литература к разделу IV .....	505
 Раздел V. Внешние интерфейсы вычислительных систем .....	 506
20. Порты COM, LPT, PS/2 и технологии реализации .....	506

20.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	506
20.1.1. COM-порт .....	506
20.1.2. LPT-порт .....	506
20.1.3. PS/2 порт .....	507
20.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	507
20.2.1. COM-порт .....	507
20.2.1.1. Назначение .....	507
20.2.1.2. Основные характеристики .....	509
20.2.2. LPT-порт .....	510
20.2.2.1. Назначение .....	510
20.2.2.2. Основные характеристики .....	511
20.2.3. PS/2-порт .....	513
20.2.3.1. Назначение .....	513
20.2.3.2. Характеристики .....	513
20.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения .....	513
20.3.1. COM-порт .....	513
20.3.2. LPT-порт .....	515
20.3.3. PS/2 порт .....	518
20.4. Принцип работы .....	519
20.4.1. COM-порт .....	519
20.4.2. LPT-порт .....	521
20.4.3. PS/2 порт .....	524
20.5. Современные технологии проектирования и производства..	525
20.6. Обзор рынка .....	526
21. USB-интерфейс .....	527
21.1. Область применения интерфейса USB .....	527
21.2. Назначение шины USB .....	532
21.3. Состав шины USB .....	533
21.3.1. Общая архитектура шины .....	533
21.3.2. Физический интерфейс .....	537
21.3.3. Технические характеристики спецификаций .....	540
21.3.5. Состав объекта: разъемы, размещение проводников .....	542
21.4. Принцип работы шины USB .....	543
21.4.1. Логические уровни обмена данными .....	543
21.4.2. Типы передач данных .....	546
21.5. Современные технологии .....	558
21.5.1. USB 2.0 и 3.0 .....	558

21.5.2. Типовые решения.....	560
21.6. Обзор рынка устройств USB.....	565
22. Технология IrDA.....	568
22.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах. Область применения.....	568
22.2. Назначение, основные характеристики и параметры объекта.....	569
22.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения.....	572
22.4. Принцип (алгоритм) работы .....	575
22.5. Современные технологии проектирования и производства..	585
23. Технология Bluetooth .....	589
23.1. Место объекта в ЭВМ и вычислительных системах .....	589
23.2. Назначение, основные характеристики и параметры .....	592
23.3. Структура, компоненты, схемотехнические решения.....	599
23.4. Принцип (алгоритм) работы .....	606
23.4.1. Использование технологии шумоподобного сигнала.....	606
23.4.2. Спецификации Bluetooth .....	609
23.4.2.1. Bluetooth 1.0.....	609
23.4.2.2. Bluetooth 1.1.....	609
23.4.2.3. Bluetooth 1.2.....	609
23.4.2.4. Bluetooth 2.0 + EDR.....	610
23.4.2.5. Bluetooth 2.1.....	611
23.4.2.6. Bluetooth 2.1 + EDR.....	611
23.4.2.7. Bluetooth 3.0 + HS .....	611
23.4.2.8. Bluetooth 4.0.....	611
23.5. Современные технологии проектирования и производства.....	612
23.6. Обзор рынка.....	616
Контрольные вопросы к разделу V .....	619
Литература к разделу V .....	621